

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 18 DEC. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1 (a) OR (b)

Martine PLANCHE

BEST AVAILABLE COPY

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 260899

REMISSI DATE 21 DEC 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0216903 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 31 DEC. 2002		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE M. Vladimir CHAVERNEFF THALES INTELLECTUAL PROPERTY 31-33 avenue Aristide Briand 94117 ARCUEIL CEDEX	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 62980			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date ____/____/____	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date ____/____/____	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) OSCILLATEUR HYPERFREQUENCES A TRES HAUTE STABILITE			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		THALES	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		1 5 . 5 . 2 . 0 . 5 . 9 . 0 . 2 . 4	
Code APE-NAF		: . . .	
Adresse	Rue	173 boulevard Haussmann	
	Code postal et ville	75008	PARIS
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE 31 DEC 2002 à l'INPI LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0216903		DB 540 V / 260599	
Vos références pour ce dossier : (facultatif)		62980	
6 MANDATAIRE			
Nom		CHAUVERNEFF	
Prénom		Vladimir	
Cabinet ou Société		THALES	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		8325	
Adresse	Rue	31-33 avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL CEDEX
N° de téléphone (facultatif)		01 41 48 45 14	
N° de télécopie (facultatif)		01 41 48 45 01	
Adresse électronique (facultatif)			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	
Vladimir CHAUVERNEFF		M. MARTIN	

OSCILLATEUR HYPERFREQUENCES A TRES HAUTE STABILITE

La présente invention se rapporte à un oscillateur hyperfréquences à très haute stabilité.

5 La génération de signal pour les applications radar, télécommunications, références de fréquence (telles que les horloges atomiques Cs, Rb ...) ainsi que l'évolution des systèmes numériques requièrent des oscillateurs à très haute stabilité présentant un bruit de phase de plus en plus faible.

10 Un oscillateur est constitué de deux éléments principaux : un résonateur et un élément actif ou amplificateur. Le bruit de phase des oscillateurs est déterminé à la fois par le bruit basse fréquence, le bruit haute fréquence et les non linéarités de l'élément actif, le facteur de surtension Q du résonateur et le circuit de couplage entre oscillateur et
15 élément actif. Le bruit de phase des oscillateurs, exprimé dans le domaine fréquentiel, correspond dans le domaine temporel à la gigue des horloges qui détermine la précision ultime de tous les systèmes de traitement numérique du signal et, en premier lieu, des codeurs analogique/ numérique. L'évolution des systèmes analogiques et numériques, en particulier l'accroissement de
20 la vitesse et de la dynamique des convertisseurs analogique/ numérique passe par une diminution du bruit de phase des oscillateurs et de la gigue temporelle des horloges.

Actuellement, les oscillateurs de référence sont basés sur des résonateurs acoustiques à ondes de volume ou à ondes de surface. Ces
25 résonateurs sont limités, pour les plus performants d'entre eux, à des fréquences d'environ 1000 MHz (en technologie FBAR : « Film Bulk Acoustic Wave »). Outre leurs limitations technologiques (épaisseur des résonateurs), les résonateurs acoustiques respectent une loi physique fondamentale, selon laquelle le produit $Q \cdot f$ de la surtension maximale Q par la fréquence f de
30 fonctionnement est une caractéristique du matériau utilisé. Ce produit peut être évalué par la théorie des pertes acoustiques (interactions anharmoniques des phonons). Typiquement, ce produit est d'environ 10 THz.

La surtension des résonateurs de type FBAR est alors limitée à environ 10^4 pour une fréquence de fonctionnement de 1000 GHz.

Dans la pratique, il est nécessaire de générer des signaux à des fréquences très supérieures à 1 GHz. Il faut donc recourir à des dispositifs multiplicateurs de fréquence. Une telle opération dégrade le bruit de phase d'au moins $20 \log N$ pour un facteur de multiplication N , ce qui résulte d'une loi mathématique incontournable.

Pour atteindre les performances de stabilité requises par les synthétiseurs de fréquences du futur, il faut utiliser des résonateurs fonctionnant à des fréquences supérieures (afin d'éliminer le bruit dû à la multiplication) avec des facteurs de surtension supérieurs.

Les résonateurs électromagnétiques (cavités métalliques, résonateurs diélectriques,...) permettent de travailler directement à des fréquences de plusieurs GHz, mais leur facteur de qualité est limité. On obtient par exemple pour les résonateurs diélectriques classiques un produit $Q \cdot f$ de 200 THz, et pour les résonateurs à mode de galerie en saphir, à température ambiante, un produit $Q \cdot f$ de 2500 THz. Les valeurs des bruits de phase sont alors proches de celles des sources acoustiques multipliées : on obtient typiquement -120 dBc/Hz à quelques kHz de la porteuse pour les meilleurs oscillateurs.

La limite des oscillateurs actuels correspond à une résolution de mesure des codeurs analogique/ numérique de 8 bits de codage à une fréquence d'environ 1 GHz, ce qui entraîne une gigue de phase inférieure à 0,3 ps. Les systèmes envisagés actuellement nécessiteraient des codeurs à au moins 2 GHz à résolution de 10 bits, avec un bruit de phase inférieur à -150 dBc/Hz à une fréquence de modulation de 1 kHz. De telles performances ne peuvent être obtenues qu'avec des résonateurs à très forte surtension ($Q > 10^6$ à 10 GHz par exemple) associés à des structures d'oscillateurs permettant de préserver les qualités intrinsèques des résonateurs.

Actuellement, la seule solution connue pour augmenter le facteur de qualité Q comporte des oscillateurs à base de résonateurs électromagnétiques refroidis. L'association de résonateurs diélectriques refroidis et de couches supraconductrices permet de gagner deux ordres de grandeur sur les facteurs de qualité, soit, en théorie, un gain de 20 à 40 dBc/Hz pour le bruit de phase des oscillateurs. Cependant, dans la pratique, cette amélioration est occultée par la sensibilité des résonateurs aux vibrations et aux fluctuations thermiques.

La présente invention a pour objet un oscillateur hyperfréquences à très haute stabilité de référence, du type à résonateur, ce résonateur ne présentant qu'une sensibilité insignifiante aux vibrations et fluctuations thermiques.

L'oscillateur conforme à l'invention comporte un résonateur diélectrique monobloc en forme de tronc droit de cylindre évidé à mi-hauteur selon des cordes de sa section droite, de façon à laisser subsister un noyau central et deux joues latérales, les perçages étant à symétrie d'ordre N , avec $N \geq 4$, au moins les faces planes du cylindre étant recouvertes d'un matériau supraconducteur, le résonateur étant disposé dans une enceinte cryogénique et étant relié à un amplificateur par des couplages optimisés, l'accord du résonateur se faisant par champ magnétique et boucle de phase.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée de plusieurs modes de réalisation, pris à titre d'exemples non limitatifs et illustrés par le dessin annexé, sur lequel :

- les figures 1 à 3 sont des vues en perspective de trois modes de réalisation différents d'un résonateur d'oscillateur conforme à l'invention,
- les figures 4 et 5 sont des schémas simplifiés de structures d'oscillateurs hyperfréquences à résonateur pouvant être utilisées par l'invention, et
- la figure 6 est un schéma simplifié d'un système cryogénique à triple enceinte utilisé par l'invention.

L'un des éléments essentiel d'un oscillateur hyperfréquences étant son résonateur, et la stabilité de ce résonateur étant affectée par des déformations mécaniques, l'invention prévoit de le réaliser de façon différente de la réalisation habituelle. La structure habituelle d'un résonateur connu comporte généralement une cavité en forme de tronc de cylindre fermé à ses deux extrémités par des parois planes en aluminate de lanthane revêtues sur une face d'un matériau supraconducteur monocristallin, par exemple en $Y_1Ba_2Cu_3O_7$ contenant le résonateur proprement dit avec son pied de maintien et de centrage en saphir et deux accès de couplage à la cavité. A cet effet, afin de minimiser la sensibilité des résonateurs aux déformations mécaniques, l'invention propose des solutions à plusieurs effets indésirables qui sont les suivants, dans les cas des résonateurs connus :

- Les variations de hauteur de la cavité du résonateur que l'invention minimise grâce à une structure de résonateur monobloc (monolithique) ,
- Les fluctuations de distance (à l'échelle du nanomètre) entre les couches supraconductrices déposées sur un substrat monocristallin formant les surfaces planes de la cavité, fluctuations qui sont également fortement diminuées grâce à la structure monobloc,
- La variation de la constante diélectrique sous l'effet de la déformation du résonateur.

La solution idéale serait de pouvoir déposer le matériau supraconducteur sur toutes les faces de la cavité du résonateur. Mais, comme il est impossible d'épitaxier un film supraconducteur de qualité à haute température critique sur des surfaces courbes, l'invention propose de réaliser un résonateur diélectrique monolithique, de forme générale en tronc de cylindre, évidé de façon appropriée, avec un dépôt direct des couches supraconductrices sur les deux faces planes de la cavité, avant leur usinage. Le champ électrique étant concentré sur le noyau central, la dégradation du facteur de qualité par les courants induits dans le reste de la structure du résonateur est minimisée. Le matériau constituant le résonateur est avantageusement du saphir monocristallin.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, représenté en figure 1, le corps 1 du résonateur est en forme de diaboloid à symétrie de révolution autour de son axe. Ce corps comporte essentiellement deux joues

2, 3 en forme de disques reliées entre elles par un noyau central 4 formé intégralement avec elles. On dépose sur les faces planes 5, 6 des joues 2, 3 un film supraconducteur.

La structure 7 représentée en figure 2 est formée à partir d'un bloc diélectrique 8 en forme de tronc droit de cylindre plein dans lequel on pratique quatre trous 9 dont les axes sont situés dans un plan perpendiculaire à l'axe du cylindre, à mi-distance entre les faces planes du tronc de cylindre. Les axes de ces trous suivent une symétrie d'ordre 4 par rapport à l'axe du cylindre, de façon à laisser subsister une grande partie de la paroi cylindrique et un noyau central. Comme dans le cas de la structure précédente, on dépose sur les faces planes de la structure 7 un film supraconducteur 8a, 8b.

La structure 10 représentée en figure 3 est formée, comme celle de la figure 2, à partir d'un bloc diélectrique 11 en forme de tronc droit de cylindre plein dans lequel on pratique cinq trous 12 dont les axes sont situés dans un plan perpendiculaire à l'axe du cylindre, à mi-distance entre les faces planes du tronc de cylindre. Les axes de ces trous suivent une symétrie d'ordre 5 par rapport à l'axe du cylindre, de façon à laisser subsister une grande partie de la paroi cylindrique et un noyau central. Cette structure est généralement préférée à celle de la figure 2. Comme dans le cas des structures précédentes, on dépose sur les faces planes de la structure 10 un film supraconducteur 11a, 11b.

Les structures des figures 1 à 3 permettent d'atténuer très fortement le bruit de phase entre 1 et 10 kHz, fréquences pour lesquelles il y a coïncidence entre les longueurs d'onde acoustiques et les dimensions de la cavité du résonateur. Les valeurs prévues par la théorie de Leeson (selon laquelle les facteurs de qualité d'une cavité à couches supraconductrices peuvent être estimés par le point de remontée du bruit coloré au-dessus du plancher de bruit thermique) deviennent alors accessibles. Bien entendu, les matériaux constituant ces structures doivent présenter de faibles pertes diélectriques et doivent être compatibles avec le dépôt des couches supraconductrices.

Ensuite, une approche théorique permet de déterminer les formes appropriées de résonateurs, pour chaque valeur de constante diélectrique du matériau constituant le résonateur proprement dit, formes pour lesquelles le

phénomène de compensation survient, c'est-à-dire le rapport diamètre/hauteur de la cavité pour lequel la variation de fréquence induite par un léger changement de la hauteur est égale et opposée à celle induite par le changement de diamètre résultant des équations de la mécanique.

- 5 En première approximation, la fréquence de résonance de la cavité peut être calculée dans la configuration décrite par Hakki & Coleman (voir : D. Maystre & al, IEEE MTT – 31, pp 844 à 848, Oct. 1983) par la relation :

$$k_{re} J_0(k_{re}r) / j_1(k_{re}r) = k_{r0} Z_0(k_{r0}r) / Z_1(k_{r0}r)$$

dans laquelle :

- 10 - j_i est une fonction de Bessel de première espèce, d'ordre i
 - Z_i est une fonction de Bessel de deuxième espèce, d'ordre i
 - $K_0^2 = k_z^2 + k_{r0}^2$
 - $k_e^2 = k_z^2 + k_{re}^2 = \epsilon k_0^2$
 - $k_0 = 2\pi f/c$
 15 - $k_z = \pi/h$
 - r = rayon du moyeu central
 - h = hauteur du résonateur
 - f = fréquence de résonance

r et h sont liés par le module d'Young et par le coefficient de Poisson.

- 20 Pour parfaire la compensation, il convient de prendre en compte la variation de la constante diélectrique ϵ sous l'effet des déformations mécaniques.

En première approximation, la dépendance de la constante ϵ vis-à-vis du volume V peut être déduite de l'équation de Clausius Mosotti :

25
$$(\epsilon - 1) / (\epsilon + 2) = N \alpha / V$$

avec N = nombre de molécules par unité de volume

α = polarisabilité d'une molécule

La variation de volume peut être calculée à partir du module de Young et du coefficient de Poisson.

- 30 Dans le cas général, il n'existe pas de solution analytique, car :

- la fréquence doit être déterminée, au cas par cas, par résolution numérique des équations de Maxwell,
- ~~r et h sont liés par les équations de Navier Stokes entre~~
- ~~contraintes σ_{ij} et déformations e_{ij} via le tenseur d'élasticité C_{ij} .~~

- la variation du tenseur de permittivité ϵ_{ij} doit être calculée en fonction des déformations mécaniques e_{ij} .

La fréquence de résonance est une fonction du diamètre D du noyau central, de la hauteur h et de la permittivité ϵ . Les fluctuations df de fréquence liées aux dimensions de la cavité du résonateur sont données par :

$$Df = (\partial f / \partial D) * dD + (\partial f / \partial h) * dh$$

Il existe des valeurs des paramètres (ϵ , D , h) telles que l'on a $df=0$ au premier ordre pour une structure libre. Le choix des valeurs adéquates de ces paramètres permet de s'affranchir des déformations du résonateur et d'obtenir un bruit de phase proche de celui annoncé par la théorie de Leeson.

Selon une deuxième caractéristique importante de l'invention, on optimise la structure de l'oscillateur en tendant à remplir les exigences suivantes :

- Couplage adapté entre la sortie de l'amplificateur de l'oscillateur et l'entrée de la cavité. Pour un coefficient de couplage de 1, le facteur de surtension (ou : facteur de qualité) en charge de la cavité serait sensiblement égal à la moitié du facteur de surtension à vide.
- Couplage adapté entre la sortie de la cavité et l'entrée de l'amplificateur. Le coefficient de couplage correspondant est alors égal à l'inverse du gain de l'amplificateur.
- La boucle électrique comportant la cavité, l'amplificateur et leurs connexions de liaison doit avoir une longueur minimale (la cavité et l'amplificateur sont refroidis dans la même enceinte, comme décrit ci-dessous en référence à la figure 5). La longueur électrique est alors de 2π , à savoir π dû à l'amplificateur, $\pi/2$ dû au couplage d'entrée de la cavité et $\pi/2$ dû à son couplage de sortie.
- L'amplificateur doit être intégré dans l'enceinte refroidie de la cavité, comme précisé ci-dessus.
- L'amplificateur est, de préférence en technologie SiGe et refroidi à très basse température (température critique des couches supraconductrices de la cavité). Il présente alors un

très faible bruit (variant comme l'inverse de la fréquence de travail).

- Le circuit de couplage entre amplificateur et cavité devrait inclure un dispositif de réglage de phase par varactor.
- 5 - Asservissement de la phase totale de la boucle d'oscillation pour obtenir un fonctionnement en un point optimal pour lequel la dérivée de la phase par rapport à la fréquence est maximale.
- 10 - La sortie du signal de l'oscillateur se fait, de préférence, sur un troisième port de la cavité, comme décrit ci-dessous en référence à la figure 5. Cette caractéristique garantit un plancher de bruit à -180 dBm/hz en prélevant un signal filtré par le résonateur lui-même. Cette solution est avantageuse dès que le facteur de qualité à vide de la cavité dépasse 10^6 . Il est alors possible de charger la cavité tout en gardant une
- 15 valeur élevée pour le facteur de qualité en charge. Typiquement, on peut choisir le couplage de ce port de sortie tel que le facteur de qualité en charge reste nettement supérieur à $1/3$ du facteur de qualité à vide.

On a représenté en figure 4 une première possibilité de réalisation d'un oscillateur à cavité refroidie. La cavité 13 à couches supraconductrices est refroidie à très basse température, par exemple 77K, dans une enceinte 14. Elle est reliée par des câbles 15 ayant une impédance de 50 Ohms à un dispositif amplificateur 16 qui est à température ambiante (de l'ordre de 300 K). Le dispositif amplificateur 16 comporte de façon classique un circuit

20 amplificateur 17 suivi d'un coupleur 18 et d'un isolateur 19, et il comporte deux déphaseurs accordables 20, 21 reliant les éléments 17 à 19 aux câbles 15. Ce mode de réalisation nécessite des câbles de liaison relativement longs (ils introduisent un déphasage de $2k\pi$, avec k très supérieur à 1). Les câbles ont un gradient de température élevé. Une de leurs extrémités étant à

25 72 K et l'autre à 300 K, ces câbles peuvent générer du bruit, et la stabilité de l'oscillateur n'est pas excellente.

30

Pour ces raisons, l'invention propose d'utiliser la structure de la figure 5. Dans cette structure, la cavité 22 et l'amplificateur 23 sont disposés dans la même enceinte 24 refroidie, à 77 K par exemple. L'amplificateur est

35 relié à deux prises de couplage 25, 26 de la cavité par des liaisons très

courtes, ce qui fait que le déphasage de $2k\pi$ entre l'entrée et la sortie de la cavité est faible, k étant minimal. Il est à noter que la sortie 27 de signal se fait grâce à une troisième prise de couplage 28. L'amplificateur 23 peut avoir une topologie spécifique appropriée à son montage dans l'enceinte 24, au plus près de la cavité, et il est facile d'adapter les impédances de la cavité et de l'amplificateur. Cette structure ne comportant pas de déphaseurs accordables, le réglage fin du déphasage est moins facile à réaliser que dans le cas de la structure de la figure 4. Néanmoins, la structure préférée de l'invention est celle de la figure 5 du fait de ses nombreux avantages par rapport à celle de la figure 4.

Pour assurer à l'oscillateur un refroidissement efficace et stable, avec un minimum de vibrations, l'invention met en oeuvre une triple enceinte 29 telle que schématisée en figure 6. Cette triple enceinte comporte, de l'extérieur vers l'intérieur, une première enceinte sous vide 30, du type vase de Dewar, ayant un rôle d'isolation thermique, renfermant une deuxième enceinte 31 sous basse pression (1 Bar, à température ambiante, par exemple) remplie d'un gaz liquéfiable ou solidifiable à la température de fonctionnement (par exemple de l'azote ou de l'argon), cette deuxième enceinte renfermant la troisième enceinte 32, qui est un boîtier étanche contenant de l'hélium ou du néon à très basse température (par exemple 73K) et qui renferme l'oscillateur 33 de l'invention.

Dans la deuxième enceinte, on asservit la pression résiduelle du gaz pour assurer un contrôle précis de la température de l'enceinte 32 par évaporation et sublimation du gaz, qui se condense en une couche liquide ou solide à la surface externe du boîtier 32. Le gaz contenu dans l'enceinte 32 doit rester en phase gazeuse à la température qui règne dans cette enceinte, afin d'assurer l'homogénéité en température dans toute cette enceinte et d'éviter toute condensation sur les constituants de l'oscillateur (une condensation induirait des pertes dans les circuits et un décalage de fréquence). Le refroidissement dans l'enceinte 32 est assuré avec un minimum de vibrations, avantageusement par tube pulsé et circulation du gaz (hélium ou néon gazeux). On forme un pont thermique entre l'enceinte 32 et l'oscillateur à l'aide d'une tresse métallique souple, par exemple en cuivre. L'oscillateur est suspendu à l'intérieur du boîtier 32 par un système de suspension lui transmettant le minimum possible de vibrations. Ce système

de suspension comporte par exemple, de façon connue en soi, des câbles de suspension avec des ressorts et des masselottes anti-résonantes.

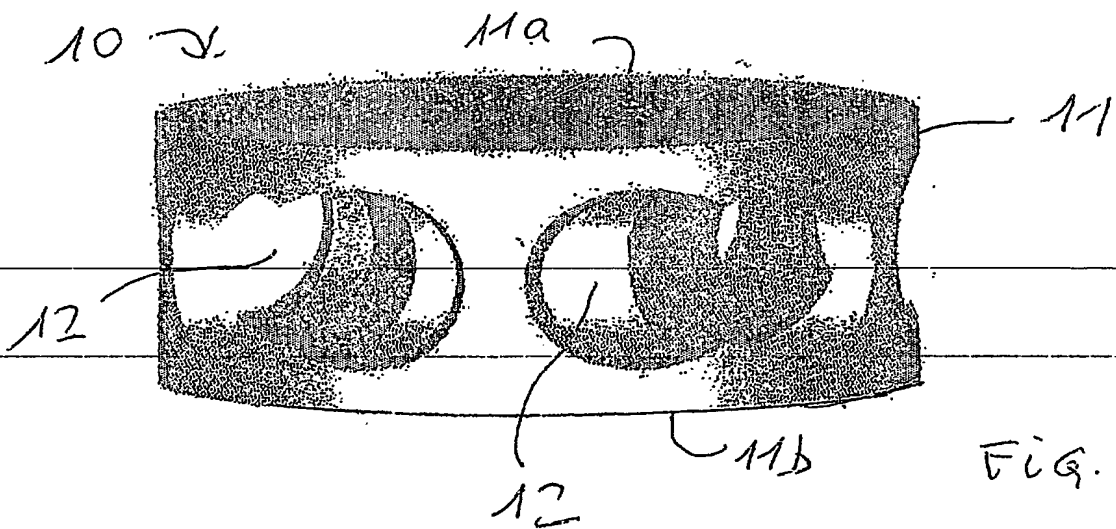
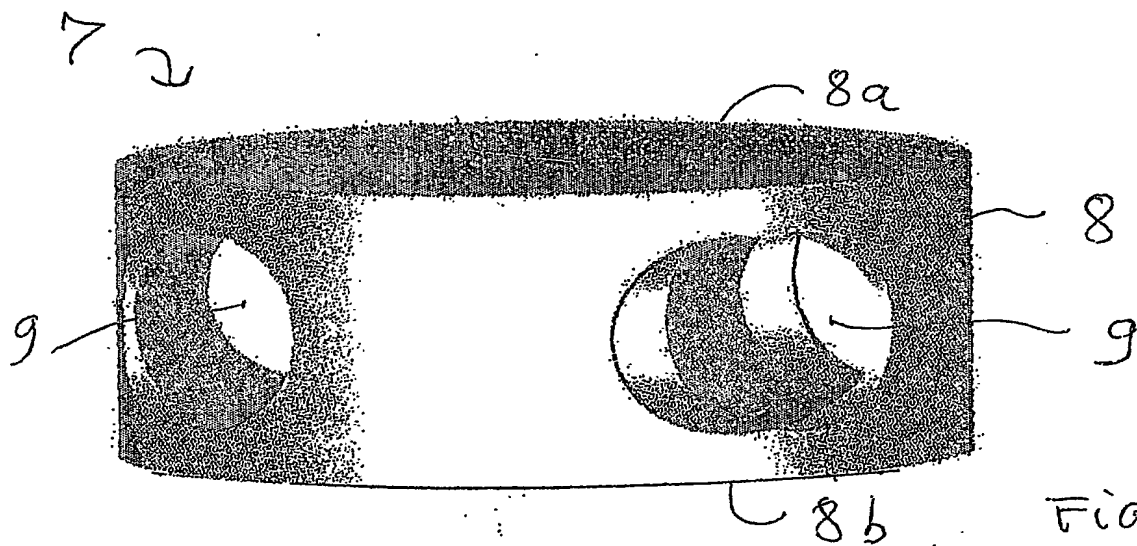
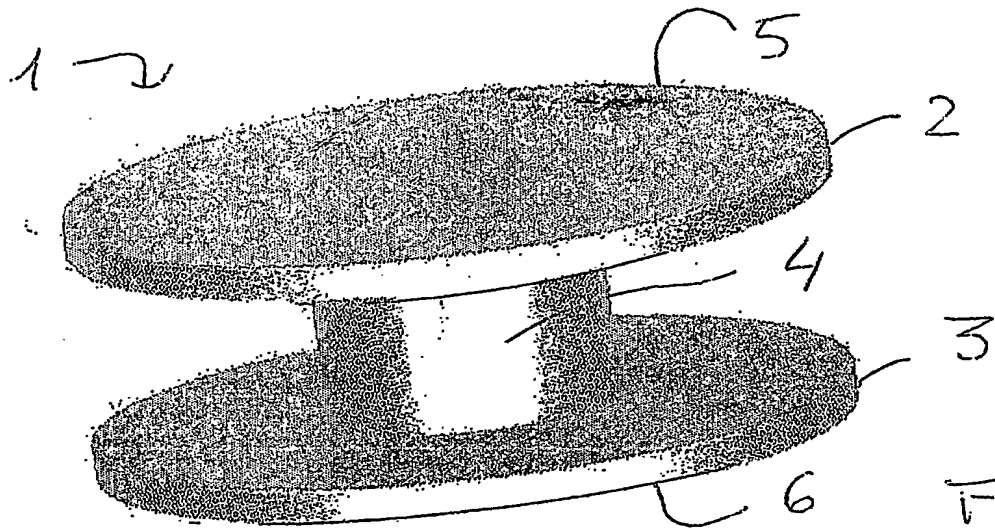
5

10

REVENDICATIONS

- 5 1 Oscillateur hyperfréquences à très haute stabilité, caractérisé en ce qu'il comporte un résonateur diélectrique monobloc (1, 7, 10) en forme de tronc droit de cylindre évidé à mi-hauteur selon des cordes de sa section droite, de façon à laisser subsister un noyau central et deux joues latérales, les perçages étant à symétrie d'ordre N, avec $N \geq 4$, au moins les faces planes du cylindre étant recouvertes d'un matériau supraconducteur (5-6, 8a-8b, 11a-11b), le résonateur étant disposé dans une enceinte cryogénique (32) et étant relié à un amplificateur par des couplages optimisés, l'accord du résonateur se faisant par champ magnétique et boucle de phase.
- 15 2. Oscillateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le résonateur est disposé dans une triple enceinte comportant une première enceinte (30) à isolation sous vide, une deuxième enceinte (31) emplie d'un gaz liquéfiable ou solidifiable à la température de fonctionnement du résonateur, et une troisième enceinte (32) emplie d'un gaz restant gazeux à ladite température de fonctionnement.
- 20 3. Oscillateur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'amplificateur (23) est disposé dans la même enceinte cryogénique que le résonateur.
- 25 4. Oscillateur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que, la cavité comportant deux prises de couplage (25, 26) permettant de la relier à l'amplificateur, la sortie de signal se fait sur une troisième prise de couplage de la cavité (28).
- 30 5. Oscillateur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le résonateur est en saphir monocristallin.
- 35

1/3



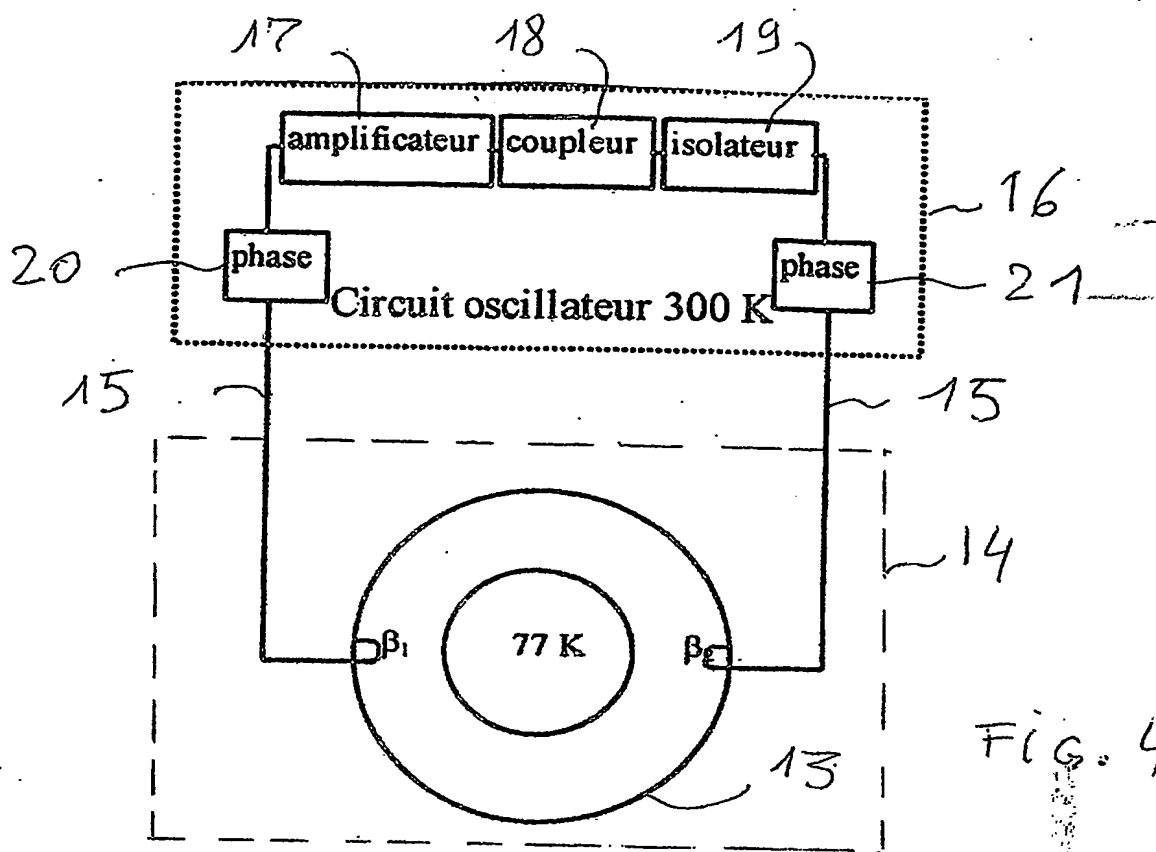


Fig. 4

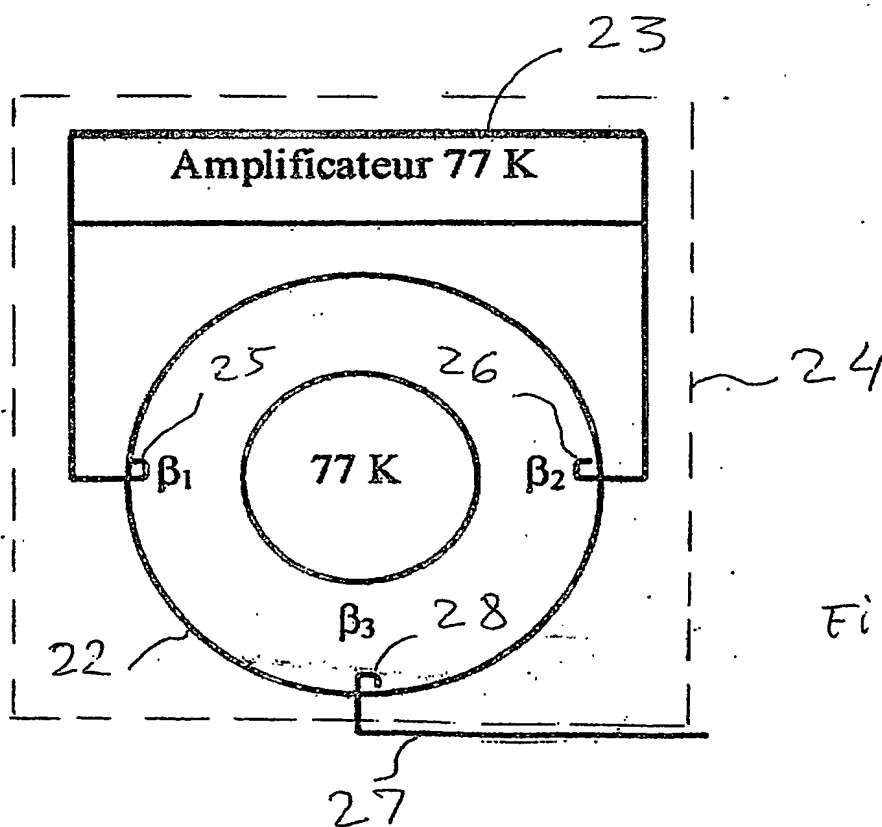


Fig. 5

3 / 3

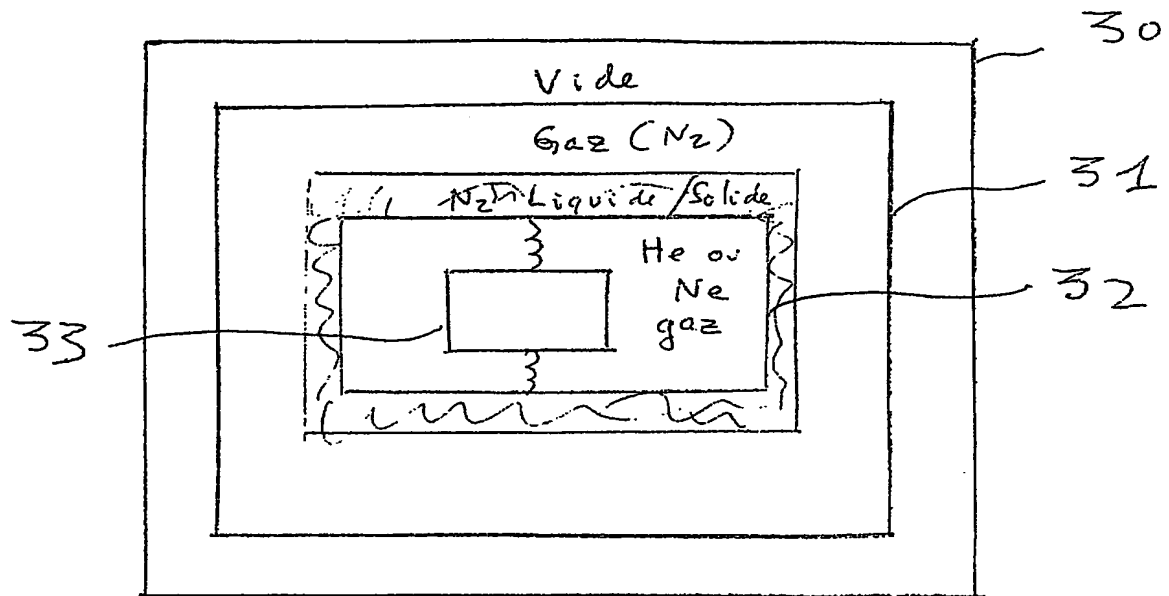


Fig. 6



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235 02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 113 W / 260599

Vos références pour ce dossier (facultatif)		62980	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0216903	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
OSCILLATEUR HYPERFREQUENCES A TRES HAUTE STABILITE			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
THALES			
DESIGNE(MT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		MAGE	
Prénoms		Jean-Claude	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 31-33 avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL CEDEX
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		MARCILHAC	
Prénoms		Bruno	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 31-33 avenue Aristide Briand	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL CEDEX
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
31 DEC. 2002			
Vladimir CHAVERNEFF			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.